
Телекомунікація, радіолокація, навігація

ВИХРОСТРУМОВИЙ МЕТАЛОШУКАЧ ІЗ СПЕКТРАЛЬНОЮ ОБРОБКОЮ СИГНАЛУ

*Абрамович А. О., аспірант, Мрачковський О. Д., к. т. н. доцент,
Піддубний В. О., к. т. н. доцент.*

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

В сучасній техніці задача виявлення різноманітних металевих предметів в фізичних середовищах (повітрі, ґрунті та інше) здійснюється за допомогою металошукачів. Найбільш затребуваними та розповсюдженими серед них є металошукачі вихрострумового типу “Дуже низька частота детектування” (Very Low Frequency (VLF) detectors) [1–3], які вирішують задачу дихотомічного розрізнення металів, розбиття їх множини на дві підмножини: чорних чи кольорових.

Структурна схема лабораторного макету вихрострумового металошукача, що розроблюється, приведена на рис.1. Вона відрізняється від типової наявністю мікроконтролерного (МК) блоку та алгоритмом його роботи.

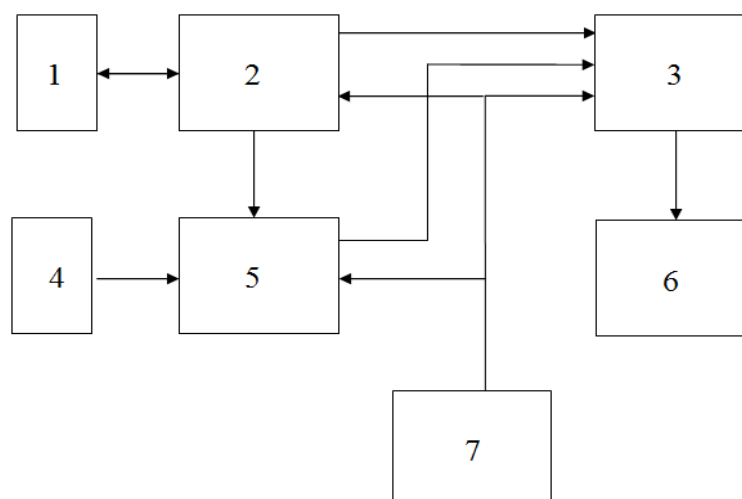


Рисунок 1. Структурна схема імпульсного вихрострумового металошукача:

1 — передавальна антена, 2 — імпульсний генератор низькочастотного сигналу, 3 — мікроконтролерний блок, 4 — приймальна антена, 5 — блок підсилення сигналу ВСП, 6 — блок індикації (ноутбук), 7 — генератор тактових імпульсів

Металошукач складається з вихрострумового перетворювача (ВСП), в який входять дві антени (передавальна 1 та приймальна 4), імпульсного генератора низькочастотного сигналу 2, блоку підсилення та обробки сигналу ВСП 5, генератора тактових імпульсів 7, МК блоку обробки 3 та індикаторного пристрою 6.

Генератор низькочастотного сигналу 2 формує імпульсні електромагнітні сигнали, які випромінюються передавальною антеною 1 в досліджуване середовище. За рахунок електромагнітної індукції на поверхні металевих об'єктів, який знаходиться під передавальною антеною, виникають струми

Фуко, що спотворюють первинне електромагнітне поле. Зміни в полі реєструються приймальною антеною 4 та підсилюються в блоці 5. Після підсилення сигнал поступає до МК блоку 3, побудованого на двох мікроконтролерах AVR Atmega32. Перший з них керує роботою вихрострумowego блоку, другий забезпечує перетворення вимірних даних в необхідний формат зручний для їх порівняння з еталонними (нормуються за амплітудою та тривалістю) та для їх подальшої передачі на індикаторний пристрій 6 (ноутбук HP 4540s), на якому розробленою нами програмою проводиться розрахунок спектра, отриманого приймальною антеною сигналу. Синхронізацію роботи вузлів металошукача забезпечує генератор тактових імпульсів 7.

Для роботи лабораторного макету металошукача необхідно було створити базу еталонів металу. Для цього досліджувалися три зразки металів, один з яких чорний (сталь) та два кольорових (мідь і алюміній). Зразки мали розмір менший діаметра приймальної антени та однаковий об'єм. Їх розміри — діаметр 25 мм, товщина 3 мм. Амплітудні спектри цих зразків, розраховані комп'ютерною програмою, і стали базовими. Для коректного порівняння спектрів сигналів між собою, сигнали, які прийняті від антени, масштабувалися до однакової тривалості, за еталон якої прийнято тривалість сигналу від першого дослідного зразка при калібруванні пристрою. Результати вимірювань усереднювалися за 100 проходженнями (вірогідність отримання достовірного результату 0,95).

Аналіз спектральних щільностей показав, що для різних металів вона різна. Зразки порівнювалися за спектральною щільністю сигналу та частотним діапазоном, в якому розміщений спектр сигналу. Частотна область за рівнем -40 дБ, в якій розміщений спектр чорного металу (сталь), лежить у межах $120 \dots 270,4$ Гц, частотна область, в якій розміщені спектри кольорових металів: $64,5 \dots 276,2$ Гц — для міді і $63,7 \dots 264,4$ Гц — для алюмінію. Площі під огинаючого спектру для сталі — 4224 дБ·Гц, для алюмінію — 5854 дБ·Гц, для міді — 5811 дБ·Гц. Ці спектральні щільності та частотний діапазон і стали базовими для дихотомічного розрізнення металів. При використанні цієї бази зразків лабораторний макет вихрострумowego металошукача може розрізняти тип металу, з якого виготовлені металеві зразки.

В процесі роботи було також встановлено, що можливо на відміну від відомих металошукачів ідентифікувати два метали (чорний та кольоровий), які знаходяться в безпосередній близькості один від одного (на відстані меншій половини діаметра приймальної антени), та створити базу образів металевих предметів, яка записується в пам'ять мікропроцесора, який порівнює сигнал від виявленого невідомого металевих предмета із створеними образами із бази даних. Якщо новий сигнал повністю не співпадає із записаними в базі даних образами, то мікропроцесор вкаже на скільки відсотків виявлений металевий предмет схожий з найближчим еталонним образом. Інформативна частина спектра лежить в діапазоні частот $130 \dots 418$ Гц.

Такий підхід дозволяє покращити швидкість та ефективність проведення робіт з пошуку металевих предметів в тому числі і небезпечних, таких як міни, адже дозволяє вказувати ймовірність попадання захованого невідомого предмета до групи із накопичених в базі даних та ігнорувати сигнал від різного зайвого сміття, такого як консервні бляшанки, фольга, корки від пляшок, цвяхи, шурупи та інше.

Перелік посилань

1. Ihamouten A. Electromagnetic dispersion estimated from multi-offset, ground-penetrating radar / A. Ihamouten, X. Dérobert, G. Villain // IEEE Ground Penetrating Radar (GPR). — 2010. — p. 1–6. <http://www.ieeeexplore.ws/xpl/conhome.jsp?punumber=1002202>.
2. Obiazi A.M. Implementing a Robust Metal Detector Utilizing the Colpitts Oscillator with Toroidal Coil / A.M. Obiazi, F.I. Anyasi, O.O. Jacdonmi // Journal of Engineering and Applied Sciences. — 5(2). — 2010. — p. 56–63.
3. Абрамович А.О. Радіолокаційно-вихрострумний радар // Вісник НТТУ “КПІ”. Сер. Радіотехніка. Радіоапаратобудування. — 2014. — Вип. №57. — с. 77–82.

Анотація

Запропонована структурна схема вихрострумного імпульсного металошукача зі спектральним методом обробки сигналу. Обґрунтовано використання спектрального методу обробки сигналу для розрізнення металів. Наведені результати експериментальних досліджень лабораторного макету металошукача, які підтверджують можливість використання спектрального аналізу для розрізнення металів та створення бази даних еталонів та образів.

Ключові слова: Дихотомія, вихрострумний металошукач, розрізнення металів.

Аннотация

Предложена структурная схема вихретокового импульсного металлоискателя со спектральным методом обработки сигнала. Обосновано использование спектрального метода обработки сигнала для различения металлов. Приводятся результаты экспериментальных исследований, которые подтверждают возможность использования спектрального анализа для распознавания и создания базы данных эталонов и образов.

Ключевые слова: Дихотомия, вихретоковый металлоискатель, распознавание металлов.

Abstract

Block diagram of pulsed eddy current metal detector with spectral signal processing method proposed. Explained the use of spectral signal processing method for distinguishing metals. The results of experimental research laboratory model metal detector, which confirm the use spectral analysis to distinguish the metals and create a database of images and standards.

Keywords: Dichotomy, eddy current metal detector, metal distinction.